

Eventos oceanográficos de alta y baja frecuencia en El Océano Pacífico Ecuatorial Este. Evaluación de su seguimiento y predicción

Franklin I. Ormaza-González

Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Ecuador.
franklinormaza@yahoo.com

Fecha de recepción: 28/04/16 - Fecha de aceptación: 08/07/16

DOI: <http://dx.doi.org/10.19239/riidv1n3p1>

Resumen: Los eventos oceanográficos de alta (El Niño, La Niña) y baja frecuencia (Pacific Interdecadal Oscillation, PDO) provocados por acumulación y liberación de contenido de calor en la capa de 0-500 m de profundidad, y que se extienden desde oeste al este del Océano Pacífico ecuatorial (20N a 20S) interactúan de manera compleja e intrincada que derivan en la dificultad de entenderlos y más aún predecirlos. Los PDOs tienen una duración de alrededor de 20 años en la fase caliente y 25-30 años en la fría, mientras que los Niños 2-7 años con duración de meses y los eventos fríos como La Niña son interanuales en duración. Súper eventos calientes 1982-1983 y 1997-1998 castigaron al país (y a la región) de manera dramática: provocando pérdidas económicas que superaron los tres mil millones de US dólares; segando la vida de >250 personas; y afectando a los sectores agrícolas y pesqueros por la ingente pérdida de producción. Estos dos eventos se dieron durante un PDO caliente (1976-1999); actualmente estamos en un periodo frío (2000-2025/2030) lo que origina eventos calientes de alta frecuencia sean menos frecuentes e intensos. En el mes de febrero-marzo del 2014 una onda Kelvin, que transporta calor desde oeste a este, llegó a las costas de Ecuador y Perú provocando anomalías térmicas sub-superficiales de hasta 5°C. Éstas aunque han disminuido (máximo 3°C) se han mantenido hasta la presente aunque las anomalías de contenido de calor en la columna de agua del Pacífico Central ecuatorial (180-100W) han disminuido de 1.9°C en abril a 0.1°C en julio. Existen opiniones divididas sobre la ocurrencia del Fenómeno de El Niño y su intensidad también está en discusión. Este trabajo evalúa una serie de variables oceanográficas en tiempo de manera transversal y horizontal con datos e información disponibles en la web como son los índices ONI y MEI, PDO, nivel medio del mar, contenido de calor, profundidad de termoclina, intensidad de la contracorriente sub-superficial Cromwell, Corriente Humboldt, posición de la Zona de Convergencia Intertropical (ZCIT), resiliencia de los vientos de este a oeste., etc. Al momento (julio 2014), la información y datos en su contexto indican (a pesar de sustancial disminución de las anomalías de contenido de calor), que se debe esperar 8 semanas para tener un claro escenario. Al mismo tiempo algunas variables sugieren que el evento no está originado aún. Uno de los índices (ONI) se mantiene en +0.2°C desde abril a junio; este debe promediar >+0.5 por tres meses consecutivos. Además varias condiciones no se han cumplido (e.g. la termoclina está a 30-50 m profundidad, la ZCIT está en posición normal, 5-10N; los vientos soplan a alrededor de 10 m/s, nivel medio del mar es en promedio <10 cm, etc.); y que si se da, la intensidad debe ser menor al rango moderado o débil. Además se debe considerar que estamos en un PDO frío, i.e., existen posibilidades (climatológicas) de que el Niño no ocurra, tal como en el 2012 y que solo ocurra un evento Modoki. Sin embargo, aunque la intensidad del potencial El Niño sea débil, las consecuencias pueden ser devastadoras, sobre todo en el tema de inundaciones dado la precaria situación de los canales fluviales, poco o ningún dragado de ríos, deforestación, mayor área pavimentada en las ciudades, etc. Igualmente, un breve análisis en relación a posibles índices pesqueros (peces pelágicos pequeños) se realiza para cruzar la información oceanográfica.

Palabras clave: Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), El Niño, La Niña, ZCIT, ONI, MEI, termoclina, Modoki, corrientes Cromwell y Humboldt

This paper was presented at the PRSCO 2014 Conference held in Loja-Ecuador, July, 2014.
Este artículo se terminó de escribir en Julio de 2014.

Volumen 1 Número 3, Julio-Septiembre 2016

<http://onlinejournal.org.uk/>

[Licensed Under Creative Commons Attribution CC BY](http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Abstract: *Oceanographic events of high and low frequencies in the Eastern Equatorial Pacific Ocean. Evaluation and prediction monitoring up to July 2014.* The oceanographic events of high and low frequencies as El Niño/La Niña and the Pacific Interdecadal Oscillation (PDO) respectively, are basically product of the accumulation and release of the surface layer (0-500 m depth) heat content trough west-east of the Pacific Ocean (20N-20S). These processes interact in a complex and intricate way difficult to understand and predict. The warm and cold PDOs have typically a period of 20 and 25-30 years respectively, whilst El Niño/La Niña occurs somewhere between 3 - 7 years. La Niña is characterized to be inter-annual while El Niño lasts around 12 months. The super warm events in 1982-1983 and 1997-1998 devastated Ecuador causing economical losses over three billions US\$, killing >250 people at the time affecting agriculture and fishery industry. These two events occurred during a warm PDO (1976-2000); actually the PDO is in cold phase (2001-2025/2030), where high frequency events are less frequent and intense. During February-March 2014 a Kelvin wave (that transports heat from western to eastern equatorial Pacific), arrived Ecuadorian and Peruvian coast (Niño 1-2) causing over 5C Sea Surface Temperature (SST) anomalies, although at July these has decreased to around 3C, and the anomalies of heat content in the Pacific (190-100W, 0-300 m depth) has decreased from 1.9 C in April to 0.1 C in July. At this time, there are strongly divided opinions about its fully occurrence and intensity. This work evaluated a series of oceanographic variables in time in a transversal and horizontal manner with data and information available in the web, such as: ONI, MEI, PDO, sea level, heat content, thermocline depth, intensity of Cromwell current, Intertropical convergence zone (ITCZ), east-west wind resilience, and there forth. At July 2014, data and information are suggesting a waiting time of 8 weeks to have a clear scenario, at the same time some variables suggested the event was not “born”. The ONI was about 0.2C (April-June); this must average over 0.5C for three consecutive months, also the thermocline was 30-50 m deep, the ITCZ was in a normal position (around 5-10N), winds 10/s, sea level <10cm, etc. On the hand, the PDO is in cold phase, and as in 2012 this could be a Modoki Niño. However, even though the El Niño was weak, its impact could have been disastrous regarding floods due to lack of maintenance of rivers channels, high degree of deforestation, extended asphalted urban areas, etc. A brief analysis of small pelagic fisheries is presented.

Keywords: Pacific Decadal oscillation (PDO), El Niño, La Niña, ITCZ, ONI, MEI, thermocline, Modoki, Humboldt, Cromwell currents.

Introducción

En la sub-superficie Océano Pacifico Ecuatorial ocurren dos oscilaciones; una de alta y otra de baja frecuencia. Los de alta frecuencia son El Niño y la Niña (Wooster y Guillén 1974, Zuta *et al.* 1976, Philander 1983, McPhaden 1993, 1999 y 2004, etc.) que se caracterizan en el Pacífico Este (costas Colombia, Ecuador y Perú) por:

1. Anomalías térmicas +0.5 C (hasta >+2.0),
2. Profundización de la termoclina (>50m a 100 m de profundidad),
3. Incremento del Nivel medio del Mar (>10 cm, debido básicamente a expansión térmica),
4. Descenso latitudinal de la Zona de Convergencia Inter-tropical (ZCIT) por debajo de la línea ecuatorial.
5. Cesación de los vientos alisios del sur

La Figura 1 describe esquemáticamente lo mencionado. Todo el proceso se inicia cuando los vientos alisios del Este colapsan y los del Oeste prevalecen, provocando

una onda térmica Kelvin que se origina en el Pacifico Oeste y viaja al Este en un lapso de 2-3 meses transportando energía.

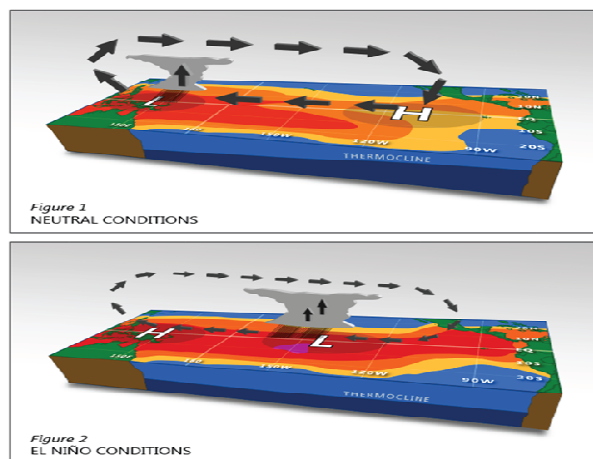


Fig. 1. Representación esquemática del fenómeno El Niño y la Niña según Becker (2014)

Al mismo tiempo el descenso de la ZCIT trae las agua de La Bahía de Panamá, que son igualmente de alto contenido de

calor ($T > 27^{\circ}\text{C}$), baja salinidad (ca. 32 ups) y baja concentración de nutrientes disueltos inorgánicos (D'Croz *et al.*, 1991).

Lo anterior deriva en una serie de consecuencias, entre ellas lluvias excesivas, temperaturas de la atmósfera elevadas, humedad elevada, que a su vez culminan con explosivas epidemias de dengue, malaria e inclusive cólera, impactos negativos y positivos en las pesquerías (Ormaza-González 2008, 2009, 2010a, 2010b, 2011, 2012a, 2012b), economía local y regional, infraestructura vial, etc. (e.g. Glantz, 1998).

Por el contrario, la otra fluctuación de alta frecuencia es la antítesis: La Niña, que ocurre cuando los vientos alisios de Sur - Este se intensifican notablemente, lo que redundan en transporte neto de aguas sub-superficiales hacia el Oeste (Fig. 1, condiciones normales), provocando o incrementando el upwelling de las masas de agua de Cromwell y Humboldt en la costas de Perú y Ecuador, derivando en anomalías térmicas de $< -2^{\circ}\text{C}$, incremento de nutrientes y producción primaria, sequías o al menos pocas lluvias.

Estos dos fenómenos tienen repercusiones allende donde registran su máxima expresión y tienen periodos de vida de 9-12 meses (El Niño), ocasionalmente hasta 2 años (La Niña) con periodos de ocurrencia de 2-7 años (ver, http://iri.columbia.edu/wp-content/uploads/2014/07/quick_look_composite_jul14.pdf). Se han dado igualmente casos extremos como los de 1982-1983 y 1997-1998 y, 1954-1956 y 2010-2011 respectivamente.

Ormaza-González (2012), reportó la ocurrencia de un Niño Modoki (acuñado por Ashok *et al.*, 2007; Weng *et al.*, 2009) durante el 2012, año en que se presagiaba un súper evento caliente. El Niño Modoki es un calentamiento en el Pacífico Central ecuatorial confinado en las regiones Niño 3, 3-4 y 4 que no se desplaza a las costas sudamericanas (El Niño 1-2) debido a que los vientos alisios del sur-oeste se mantienen, “encerrando” las masas de agua caliente en el Pacífico central ecuatorial. La recurrencia de estos eventos son más comunes los últimos años (Ashok *et al.*, 2007) como consecuencia de cambios climáticos según, Ashok y Yamagata (2009).

Desde los trabajos de Francis y Hare (1994), Hare y Francis (1995), y Mantua *et al.* (1997), la fluctuación oceanográfica de baja frecuencia denominada Oscilación interdecadal del Pacífico (PDO por sus siglas en inglés), la cual fue encontrada asociada a las pesquerías del salmón (*Oncorhynchus* spp.) en el Pacífico Norte, entró a jugar un papel importante dentro del análisis de los eventos El Niño y

la Niña. Recientemente, Hare (2000), y Mantua y Hare (2002) han aportado nuevas evidencias sobre el PDO y su influencia en los eventos calientes y frío. Ormaza-González *et al.* (2014) ha resumido una serie de importantes evidencias del PDO y su impacto sobre aspectos químico, biológicos y pesqueros en el Pacífico.

La Figura 2 muestra las variaciones anuales del índice PDO en términos de anomalías de temperatura superficial del mar, donde se observa periodos en los cuales se observan el predominio de condiciones calientes y frías. Mantua y Hare (2002) en una revisión detallada del PDO, reportan periodos fríos en 1890-1924, 1947-1976 y 1999-presente, mientras que los calientes: 1925-1946 y 1976-1998 (Figura 2). En los periodos fríos, 1947-1976 y 1999-presente se han dado 7 y 3 eventos El Niño; y 14 y 7 episodios La Niña respectivamente. Mientras que en el periodo caliente 1978-1998, 10 y 3 en su orden. Dos eventos El Niño fueron considerados catastróficos 1982-1983 y 1997-1998. Mediante técnicas que incluyen anillos de árboles, corales e isótopos se ha podido rastrear el PDO al menos hasta 1600 (Mantua y Hare, 2002). En general la evidencia indica que en periodos fríos la ocurrencia de La Niña es más frecuente, duración interanual y de mayor intensidad y lo contrario ocurre durante los PDO calientes.

El presente trabajo intenta resumir e interpretar datos e información disponible en la web sobre las posibilidades que ocurra un evento caliente a finales del 2014 y principios del 2015. Los sitios en la web que tratan esta situación oceanográfica se han incrementado notablemente desde hace varios años, especialmente en los últimos cinco años.

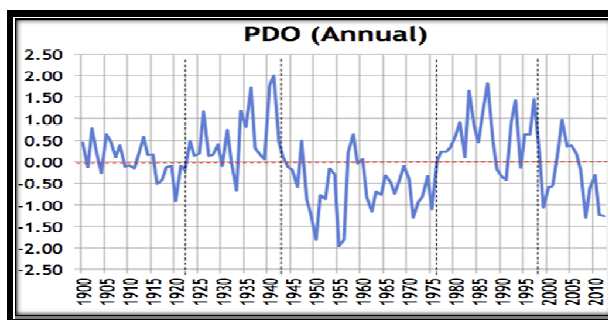


Fig. 2 Variaciones temporales del PDO en tiempo expresado en anomalías térmicas.

Ver NOAA, Landscheidt T. (<http://landscheidt.wordpress.com/papers-by-dr-theodor-landscheidt/>).

Materiales y Métodos

Prácticamente todas las instituciones de investigación y universidades de los países que circundan el Océano Pacífico han implementado proyectos a largo, mediano y corto plazo para estudiar estos eventos, uno de los más ambiciosos y exitosos es Tropical Atmosphere Ocean (TAO, http://www.pmel.noaa.gov/tao/proj_over/mesgdir.html) de la agencia de Estados Unidos Norteamericana National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), el mismo que viene en ejecución desde 1985. Actualmente tiene más de 70 boyas que se distribuyen de Oeste a Este a lo largo de la línea ecuatorial y miden varios parámetros oceanográficos en casi tiempo real desde la superficie hasta 500 metros de profundidad. Otro proyecto importante regional es el de Centro Internacional para la Investigación del Fenómeno de El Niño (CIIFEN, <http://www.ciifen.org/>) que está en Guayaquil-Ecuador (fundado hace 11 años), es un esfuerzo de muchos países bajo el paraguas de la Organización Meteorológica Mundial (World Meteorological Organization; WMO). La lista de instituciones es significativa así como las universidades.

Los científicos han determinado una serie de índices para determinar operativamente la ocurrencia o no del evento caliente o frío; dos ellos son:

- Multivariate ENSO Index [Índice Multivariado ENSO (Fig. 3), ver Wolter y Timlin, 1993, 1998 y 2011], que comprende seis variables en la región El Niño 3 y 4; a saber:
 - P: Presión en la superficie del mar (Sea-level pressure),
 - U y V: Componentes zonales (U) y meridionales (V) del vector viento sobre la superficie del mar. V+ y V- (meridionales) norte o sur
 - S: Temperatura de la superficie del mar (o SST)
 - A: Temperatura de la atmósfera (sobre la superficie del mar)
 - C: Nubosidad total en el área mencionada.

Los valores de MEI datan desde 1950 a la presente (ver NOAA 2).

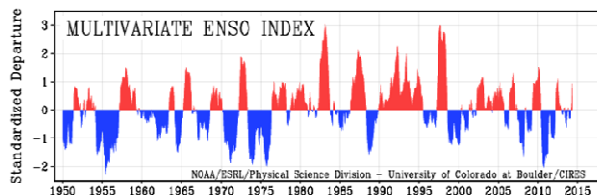


Fig. 3. Comportamiento temporal del Índice Enso Multivariado (MEI). NOAA (2).

Por otro lado está al Índice Oceanográfico El Niño (Oceanographic El Niño Index; ONI), que se ha convertido una suerte de estándar “de facto” para determinar si existe o no El Niño - La Niña. Así, la definición de Null (2013) es la anomalía térmica media de la superficie de tres meses consecutivos en la región (Niño 3-4: 5N-5S, 120W-170W). Los eventos cálidos y fríos se determinan como:

- Anomalías ($\geq +0.5$ C ó ≤ -0.5 C) durante 5 meses consecutivos Niño y Niña respectivamente
- El Niño débil: $>+0.5$ a $+0.9$ C; La Niña débil: <-0.5 a -0.9
- El Niño moderado: $>+0.9$ a $+1.4$ C; La Niña moderada: <-0.9 a -1.4 C
- El Niño fuerte: $>+1.5$ C; La Niña fuerte <-1.5 C.

El balance de masa de agua y calor (temperatura) fueron empíricamente determinados en el laboratorio de la UEES, asumiendo 1) un estado invariable de cajas para bajar la temperatura de 27C a 19-20C, en la masa de agua confinada en 82W-90W, 2N-2S y 300 m de profundidad; esto es, entre la costa ecuatorial y las Islas Galápagos, 2) Cromwell mantendría constante un flujo de 30 Sv 3) mientras Humboldt 15 Sv, que son flujos cuando las corrientes no están debilitadas.

Mercados de mariscos y pescaderías en la ciudad de Guayaquil y puerto pesquero de Santa Elena han sido visitados de manera esporádica para determinar la presencia o no ciertas especies.

Resultados y discusión

Se analiza la probabilidad que de ocurra o no un evento caliente ya que a partir Marzo del presente año se desprendió una onda Kelvin de importante magnitud térmica que produjo anomalías positivas sub-superficiales de oeste a este a lo largo del Pacífico Ecuatorial (ver Fig. 4), cuando meses atrás se registraban anomalías negativas, luego a finales de abril, la anomalías estaban ancladas en la costa Este (Ecuador y Perú, ver Fig. 4, segundo recuadro a la derecha); estas anomalías estaban en el orden de hasta +6C, lo que encendió las

alarmas en el mundo entero, decenas de científicos se inclinaron a predecir un Niño tan violento o intenso como el de 1997-1998, pero afortunadamente este incremento ocurrió al menos 4 meses antes de lo que pasó en los años señalados; por lo que los modelos (estadísticos y dinámicos no cotejaron los datos presentes con eficiencia). Durante Mayo y Junio que son meses de transición de estación lluviosa a seca, las corrientes frías de Humboldt y Cromwell se intensifican acarreado masas de agua fría (13C); la primera registra un flujo de hasta 15 Sv (GEF-PIMS, 2012) a 100 m de profundidad; viene de sur y llega hasta 2 S (Sur de Ecuador) antes de girar hacia el Oeste; la segunda corriente es sub-superficial de oeste a este, e inyecta hasta 30 Sv entre 2N-2S. Lucero y Cornejo-Rodríguez (1990) determinaron la presencia de esta corriente entre 92W y 84W en condiciones normales y durante el Niño 82-83 (uno de los más intensos). Los cálculos de balance de masa y calor (temperatura) de laboratorio sugirieron que solo Cromwell necesitaría algo más de tres meses para bajar la temperatura a alrededor de 20C en la columna de agua de 300 m, si añadimos Humboldt el tiempo podría ser menor; también se debe tener en consideración un flujo de agua (27C) de la corriente de la Bahía de Panamá, pero este es inferior a las dos corrientes.

En la Fig. 4 (los recuadros inferiores) se muestra que las anomalías disminuyeron de manera importante entre mayo e inicio de julio (día 11), debido a la introducción de estas dos masas de agua que están balanceando la energía térmica. La temperatura y respectivas anomalías han estado decreciendo de manera consistente a +3, pero más importante es que la masa de agua con anomalías positivas ha disminuido de manera importante; en general, en toda la sección vertical el contenido de calor ha decrecido. Igualmente, se observa que la isoterma de 27 C estaba debajo de la superficie a 82W en marzo (parte superior de cada recuadro), pero fue resurgiendo hacia la superficie y moviéndose al Oeste hasta 130W en junio, con las otras isolíneas de 26, 25 y 24 C, ocurre lo mismo. Otro parámetro importante; es la termoclina, que en marzo-abril se ubicó alrededor de 75m y actualmente está alrededor 30-50 m de profundidad; esto es, en la posición habitual para esta época del año. La disminución del contenido de calor está demostrando Cromwell y Humboldt están actuando. La figura 5, muestra las condiciones para esta época del año (julio 2013), en la que la termoclina se encuentra en similar posición a la de este año.

De acuerdo a los cálculos registrados en dos-tres meses (en septiembre) más debería estar equilibrado el contenido de calor; siempre y cuando no ocurra otra onda Kelvin.

último sería improbable ya que el contenido de calor en todo el Pacífico Central parece haberse disipado. La Fig. 6, muestra el comportamiento en tiempo de las anomalías de contenido de calor en el Pacífico Central; en abril llegó al máximo (ca 1.9 C) que coincidió con la propagación de la onda Kelvin, luego comienza a declinar de manera constante hasta 0.1 C, que es inclusive menor que en julio del 2013 (0.4 C). Esto indica, que no existe prácticamente contenido de calor para que se genere otra onda Kelvin, por otro lado, las anomalías de intensidad de los vientos del oeste-este no se han incrementado, mientras que los de este-oeste lo contrario.

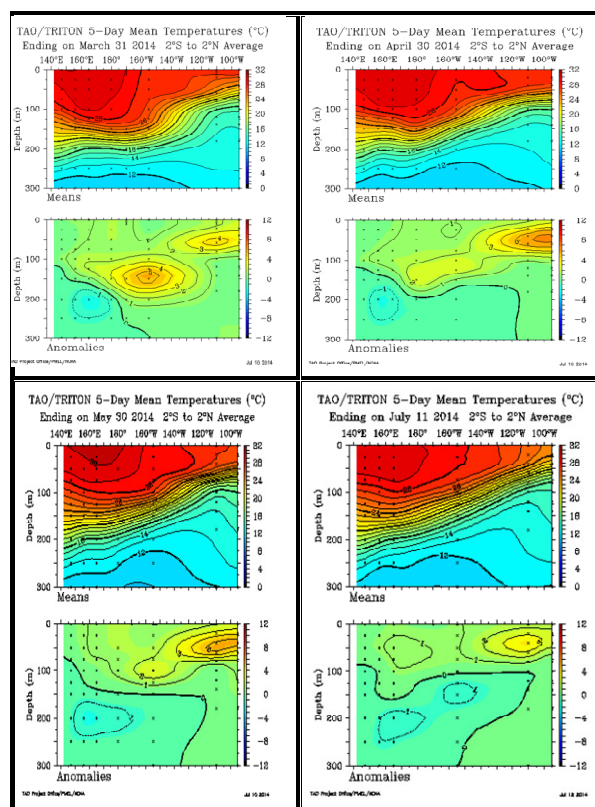


Fig. 4. Temperatura medias y sus anomalías en la subsuperficie del Océano Pacífico, desde 140E a 90W, y 2N a 2S. (NOAA 1, <http://www.pmel.noaa.gov/tao/jsdisplay/>). Note la fecha al tope de los gráficos.

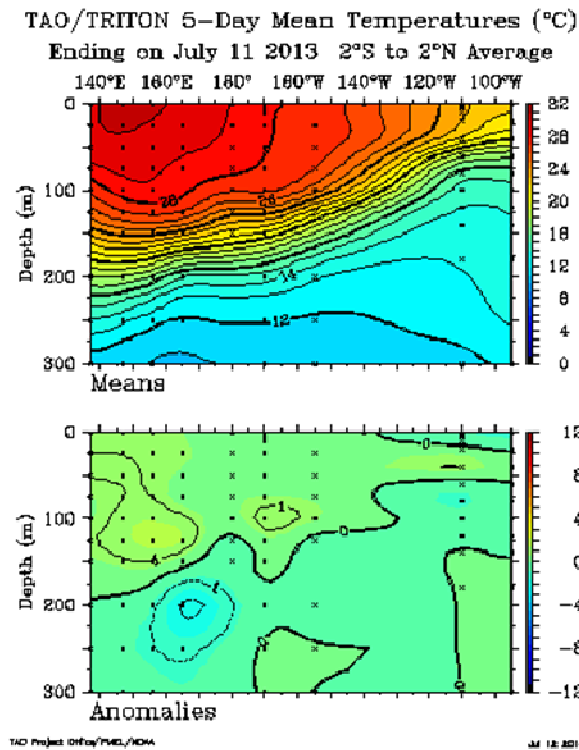


Fig. 5. Temperatura medias y sus anomalías en la subsuperficie del Océano Pacífico, desde 140E a 90W, y 2N a 2S. (NOAA 1, <http://www.pmel.noaa.gov/tao/jsdisplay/>). Note la fecha al tope de los gráficos.

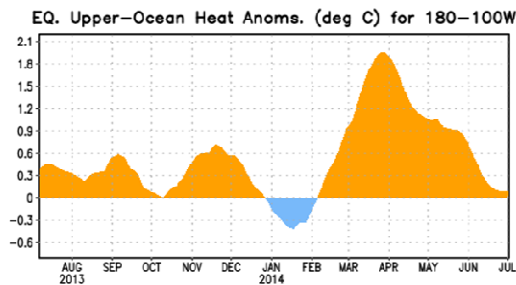


Fig. 6. Anomalía de contenido de calor en el Pacifico Central (5N-5S, 180W-100W). Ver, http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc.pdf.

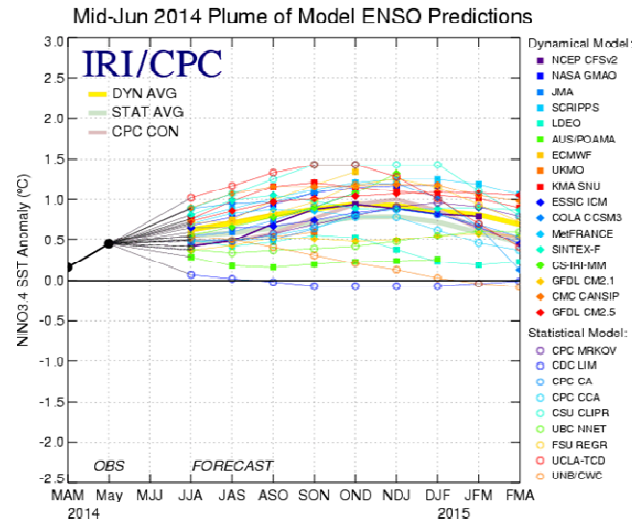


Fig. 7. Modelos de predicción de El Niño. http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensodisc.pdf.

Señales de parámetros biológicos pesqueros corroboran solamente que existe un calentamiento subsuperficial, ya que los 1) cardúmenes de atún se han alejado hacia el oeste y al norte, 2) la merluza (*Merluccius gayi peruanus*) se ha profundizado y movido hacia el Sur, 3) el dorado (*Coryphaena hippurus*) no hace presencia, mientras que el camarón blanco (*Litopenaeus vannamei*) registra desembarques un poco arriba de lo normal. El dorado y camarón blanco son especies asociadas con el Niño, mientras que el atún es afectado por altas temperaturas, ya que el oxígeno disuelto disminuye al incrementarse la temperatura, por lo que buscan otras latitudes. El 14 de julio 2014, El Universo (2014), reportaba que la captura de atún decreció de manera relevante en el primer semestre del 2014. Otra señal biológica de un evento caliente, son los blooms de fitoplancton (dinoflagelados) que se dan durante el Niño, al momento no se registran.

Los modelos que tratan de predecir las condiciones de eventos de alta frecuencia, se han venido multiplicando en la última década, actualmente se reportan alrededor 17 modelos dinámicos y 9 estadísticos (Fig. 7). Estos modelos sugieren en general un evento cálido moderado o débil, inclusive algunos de ellos dan un valor neutro; el promedio de los dos tipos de modelos sugieren un evento débil. Sin embargo se debe anotar que la diferencia extrema de los modelos es de hasta 1.5 C de anomalía, lo cual la da una dispersión muy grande que disminuye la certeza de los mismos.

Conclusiones

Es extremadamente intrincado concluir de manera certera si es que va a ocurrir o no un evento caliente de alta frecuencia, pero basado en las evidencias:

1. Que la fluctuación de baja frecuencia predominante es PDO frío, y que este deberá permanecer hasta 2025-2030.
2. Que la onda Kelvin arribó 4-6 meses antes de lo que ocurrido en eventos pasados,
3. Las condiciones de vientos del oeste se mantienen disminuidas en los dos últimos meses (anomalías de hasta -2 m/s), mientras que los del este se mantienen dentro lo normal y/o con anomalías positivas (1-2 m/s),
4. Que el nivel de mar no ha subido (como ocurre con eventos calientes), al 14 de julio está en 0.0 cm frente a las costas de Ecuador.
5. Que el ZCIT se mantiene en la posición esperada para la época (5-10 N)
6. El calentamiento es subsuperficial, pero está disminuyendo de manera consistente por la acción de la corrientes de Cromwell y Humboldt,
7. Que probablemente en dos-tres meses se logre el balance térmico,
8. Que aparentemente no existe energía suficiente el Pacífico Central para generar otra onda Kelvin,
9. Que no existen indicadores biológicos pesqueros que sostengan la hipótesis de un evento cálido,
10. Que los modelos están dispersos en sus predicciones, las cuales van desde condiciones neutras a débiles.

Se puede concluir al momento (14 julio 2014) que podría ocurrir un evento de alta frecuencia caliente, pero de características débiles, lo cual debe abundar en consecuencias más benignas que lo contrario.

Agradecimientos

A la Dra. M. Dolores Cazorla, Directora de Investigación de la UEES, a MSc Rene Rodríguez, Director de la Escuela de Gestión Ambiental por su apoyo y provisión de entusiasmo. A los alumnos de Química Analítica Laboratorio, por ejecutar las pruebas de balance térmico, a Alejandra Mora por su revisión inicial a un borrador.

Referencias

- Ashok, K., S. K. Behera, S. A. Rao, H. Weng y T. Yamagata. (2007). El Niño Modoki and its possible teleconnection. *Journal of Geophysical Research*, 112. 2156-2202.
- Ashok, K. y T. Yamagata (2009). El Niño with a difference. *Nature*, 461, 481-484.
- Becker E. (2014). EN... SO?. <http://www.climate.gov/news-features/blogs/enso/en-so>
- D'Croz Luis, Juan B. Del Rosario y Juan A. Gómez (1991). Upwelling and phytoplankton in the Bay of Panama. *Rev. Biol. Tnlp.*, 39 (2): 233-241,1991
- El Universo (2014). <http://www.eluniverso.com/noticias/2014/07/14/nota/3231866/captura-atun-se-complica-cambios-mar>. Extraído 14 de julio 2014.
- Francis, R. C. y S. R. Hare (1994). Decadal-scale regime shifts in the large marine ecosystems of the North-east Pacific: a case for historical science. *Fish. Oceanogr.*, 3, 279-291.
- GEF-PIMS (2012) Humboldt Current Large Marine Ecosystem Towards Ecosystem Based Management Chile – Peru. GEF- PIMS 4147 DRAFT Inception Report – April 2012 (http://humboldt.iwlearn.org/es/informacion-y-publicacion/HCLME_InceptionReport_28042012_ex_Annex.pdf)
- Glantz M. (1998). Corrientes de cambio : El impacto de "El Niño" sobre el clima y la sociedad. Cambridge? ; New York? : Cambridge University Press ; Valparaíso, Chile : SHOA, 1998, ©1996.
- Hare, S. R. y R. C. Francis (1995): Climate change and salmon production in the Northeast Pacific Ocean. p. 357-372. In *Climate Change and Northern Fish Populations*, ed. by R. J. Beamish, Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 121.
- Hare, S. R. (2000). The Pacific Decadal Oscillation (PDO) : *JISAO's Arctic Oscillation Website*.
- Lucero, M y M. P. Cornejo-Rodríguez (1990). Evidencia de la corriente Cromwell entre 92 W y 84 W, observadas entre periodos normales y durante el Niño 82-84. *Acta Oceanográfica del Pacífico*. INOCAR, Ecuador, 6(1), 18-27.
- Mantua, N. J., y S. R. Hare (2002). The Pacific decadal oscillation. *Journal of Oceanography*, 58(1), 35-44.
- Mantua, N. J., S. R. Hare, Y. Zhang, J.M. Wallace y R. C. Francis (1997). A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78(6), 1069-1079.

NOAA (1), Home page.
<http://www.pmel.noaa.gov/tao/elnino/el-nino-story.html>

NOAA (2), Home page.
<http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei/>

Null, J. (2013). El Niño and La Niña Years and Intensities Based on Oceanic Niño Index (ONI). *Golden Gate Weather Services*.

Ormaza-González, F.I. (2008). Eventos oceanográficos y pesquerías del atún. Ecuador Pesquero Vol. 44 Año 12. pp. 14. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador.

Ormaza-González, F.I. (2009a). La Niña 2008-2009: El periodo interdecadal frío y las pesquerías del dorado. Ecuador Pesquero Vol. 47 Año 14. pp. 34. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador

Ormaza-González, F.I. (2009b). La oceanografía en el Pacífico Central-Este durante 2009 y sus pesquerías pelágicas. Ecuador Pesquero Vol. 51 Año 14. pp. 42-43. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador

Ormaza-González, F.I. (2010a). Fenómeno La Niña. Su posible impacto en las pesquerías. Ecuador Pesquero Vol. 55 Año 15. pp. 26-29. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador

Ormaza-González, F.I. (2010b). Fenómeno La Niña del 2010 se extiende al 2011 y 2012. Su impacto en los recursos pesqueros. Ecuador Pesquero Vol. 59 Año 15. pp. 38-39. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador

Ormaza-González, F.I. (2011). Post La Niña del 2010: Condiciones oceanográficas e impacto pesquero. Ecuador Pesquero Vol. 57 Año 15. pp. 24-25. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador.

Ormaza-González, F.I. (2012a). Posibles impactos del invierno en pesquerías. Condiciones oceanográficas en el 2012. Ecuador Pesquero Vol. 61 Año 15. pp. 18-19. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador

Ormaza-González, F.I. (2012b). Un Niño en el Pacífico Central en un período interdecadal frío? Ecuador Pesquero Vol. 63 Año 16. pp. 18-20. Pub. por Cámara de Pesquería del Ecuador.

Ormaza-González, F.I., A. Mora-Cervetto y R. Bermudez-Martínez (2014). Consultoría para explotación y planeamiento de metodología para el desarrollo del índice pesquero-proyecto ENOS del INAMHI. Reporte interno INAMHI-Ecuador. 210 pp.

Weng H., S.K. Behera y T. Yamagata (2009). Anomalous Winter climate conditions in the Pacific rim during recent El Niño Modoki and El Niño events. *Climate Dynamics*, 32, 663-674.

Wolter, K., and M.S. Timlin, 1993: Monitoring ENSO in COADS with a seasonally adjusted principal component index. *Proc. of the 17th Climate Diagnostics Workshop*, Norman, OK, NOAA/NMC/CAC, NSSL, Oklahoma Clim. Survey, CIMMS and the School of Meteor., Univ. of Oklahoma, 52-57. [Download PDF](#).

Wolter, K. y M. S. Timlin (1998). Measuring the strength of ENSO. *Weather*, (53), 315-332.

Wolter, K., y M. S. Timlin, 2011: El Niño/Southern Oscillation behaviour since 1871 as diagnosed in an extended multivariate ENSO index (MEI.ext). *Intl. J. Climatology*, 31, 14pp., in press. [Available from Wiley Online Library](#).